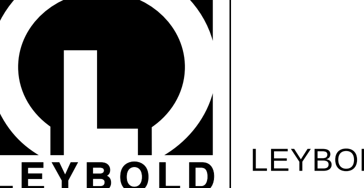
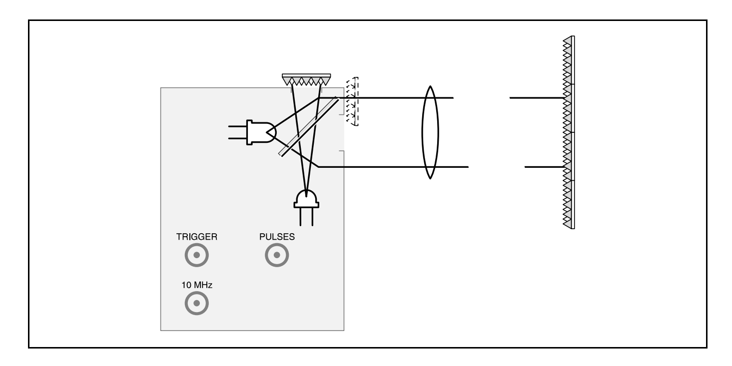
Physique | Chimie · Biologie | Technique





LEYBOLD DIDACTIC GMBH

9/96-Gan/Sf-



Mode d’emploi **476 50**
Instrucciones de servicio

Appareil de mesure de la vitesse de la lumière

Aparato para medir la velocidad de la luz

Le dispositif constitué de l’appareil de mesure de la vitesse de la lumière et de 2 miroirs triples sert à déterminer la vitesse de la lumière à partir de la distance parcourue et du temps de propagation d’impulsions lumineuses très brèves. Elles traversent une section de mesure avec double réflexion sur un grand miroir triple pour ensuite être converties en impulsions de tension affichées sur un oscilloscope en vue de la détermination du temps de propagation.

On travaille avec des sections de mesure de 10 m à 20 m de long. Afin de pouvoir mesurer les temps de propagation d’environ 65 ns à 130 ns avec les oscilloscopes habituellement utilisés dans les écoles, l’appareil de mesure de la vitesse de la lumière est équipé d’une sortie trigger et d’une sortie 10 MHz stabilisée par cristal. Les signaux de déclenchement pour le déclenchement externe de l’oscilloscope sont parfaitement bien adaptés aux impulsions de tension si bien que celles-ci sont toujours entièrement représentées. Le signal de la sortie 10 MHz peut éventuellement être utilisé sur le 2ème canal de l’oscilloscope comme base de temps calibrée; les flancs du signal (période 100 ns) servent alors de grille de mesure indépendante des propriétés de l’oscilloscope.

Du fait de leur faible largeur de pic de 20 ns, les impulsions de tension obtenues à partir des impulsions lumineuses peuvent aussi être utilisées pour des expériences sur la propagation de signaux le long de câbles coaxiaux, par ex. détermination de la vitesse de propagation (2/3 de la vitesse de la lumière); réflexion à l’extrémité ouverte et à l’extrémité fermée; influence de la résistance terminale; détermination de la traînée d’onde.

Bibliographie:
Descriptions d’expériences dans les «Leybold Fiches d’expériences de physique »,
2ème partie (597 523)

1 Remarques de sécurité

- Tenir l’appareil de mesure de la vitesse de la lumière à l’abri des secousses mécaniques (par ex. dues à un choc, une chute) afin de ne pas affecter l’ajustage optique de la LED émettrice, du diviseur de rayons et de la diode réceptrice.
- Protéger le matériel contre la poussière et la fumée afin d’éviter d’affecter l’efficacité lumineuse à cause d’éléments optiques sales.
- Ranger l’appareil de mesure de la lumière en position verticale (par ex. placé dans un pied, 300 02); fermer la fenêtre (1.7) avec le couvercle (1.8).
- Protéger les miroirs triples contre les rayures ou autres.
- Ne câbler les sorties (résistance de sortie 50 Ω) qu’avec des câbles coaxiaux de 50 Ω pour une représentation des signaux sans distorsion.

El equipo está conformado por el aparato para medir la velocidad de la luz y 2 espejos de desviación y sirve para determinar la velocidad de la luz a partir del camino recorrido y el tiempo transcurrido de pulsos luminosos que son de muy corta duración. Estos pulsos recorren un camino de medición, reflejándose dos veces en un espejo triple grande, y son convertidos en impulsos de tensión para su visualización con un osciloscopio, mediante el cual se determina el tiempo transcurrido.

Se trabaja con caminos de unos 10 m a 20 m. Para poder medir tiempos de recorrido de unos 65 ns a 130 ns con osciloscopios utilizados normalmente en la escuela, el aparato de medición de la velocidad de la luz está provisto de una salida de trigger y una salida de 10 MHz estabilizada con cuarzo. Las señales del trigger (disparador), para el trigger externo del osciloscopio, están adaptadas a los impulsos de tensión para que puedan ser representados totalmente. En caso necesario, la señal de la salida de 10 MHz puede ser empleada como base de tiempo, calibrada, en el 2do. canal del osciloscopio; los flancos de la señal (duración periódica de 100 ns) sirven como patrón de medición independiente (característica del osciloscopio).

Como el ancho de picos (obtenidos a partir de los pulsos luminosos) es de 20 ns, los impulsos de tensión también pueden ser utilizados para los experimentos de propagación de señales en cables coaxiales, por ej., para la determinación de la velocidad de propagación (2/3 de la velocidad de la luz); para estudiar la reflexión en terminales abiertos y cerrados, la influencia de la resistencia de carga terminal y para determinar la impedancia característica.

Bibliografía:
Descripciones de experimentos en "Folletos Leybold de Física", parte 2 (597 521)

1 Instrucciones de seguridad

- Preservar el "Aparato para medir la velocidad de la luz" de sacudidas mecánicas (por ej. producidas por choques o caída), para evitar un menoscabamiento del ajuste óptico de los elementos como el LED emisor, el divisor de haz y el diodo receptor.
- Preservar el aparato del polvo y humo para que los elementos ópticos no se ensucien y no se produzca una disminución del rendimiento luminoso.
- Conservar el aparato de medición de la velocidad de la luz en posición vertical (por ej. en una base de soporte, 300 02); cerrar la abertura (1.7) con una tapa (1.8).
- Proteger el espejo triple frente a rayaduras u otros.
- Conectar las salidas (resistencia de salida de 50 Ω) sólo con cables coaxiales de 50 Ω para que la representación de señales esté libre de distorsiones.

Informations relatives à la compatibilité électromagnétique

L'appareil de mesure de la vitesse de la lumière est moyen d'exploitation de la classe A dans l'esprit de la norme EN 55011. Il peut occasionner des brouillages radioélectriques dans les régions habitées. Dans ce cas-là, il peut être exigé de l'utilisateur qu'il prenne les mesures appropriées et s'en porte garant.
En cas d'emploi dans la salle spécialisée d'un établissement d'enseignement professionnel ou tout autre centre de formation, il faut néammoins considérer qu'en principe, il ne survient aucune perturbation dans les régions habitées tant qu'une distance de protection d'au moins 30 m est respectée et que l'appareil n'est utilisé que temporairement.

Mesures à prendre pour l'observation des exigences de la classe A dans l'esprit de la norme EN 55011:

- Utiliser des câbles de mesure blindés, le plus court possible, par ex. des câbles HF, 1 m (501 02).
  - Ne mettre en route l'appareil de mesure de la vitesse de la lumière ① qu'au branchement de l'adaptateur secteur enfichable, lorsque tous les préparatifs pour l'expérience sont terminés, dans la mesure où ils sont réalisables sans trajet des rayons.
  - Ne pas faire fonctionner l'appareil plus longtemps que ne le nécessite la réalisation de l'expérience.

Informaciones EMC

El aparato para la medición de la velocidad de la luz es una herramienta del tipo A conforme con lo establecido en la norma EN 55011. Este aparato puede causar ruidos parasitarios en las viviendas aledañas. En este caso, el operario está obligado a tomar las medidas del caso y asumir responsabilidades.
Si el aparato es puesto en funcionamiento en un ambiente especial o dentro de una escuela técnica u otro centro educativo, se da por descontado que no se presentarán ruidos parasitarios en las viviendas, siempre que se mantenga un radio de protección mínimo de 30 m a las mismas y que el equipo sea puesto en funcionamiento solo por corto tiempo.

Medidas a tomar para cumplir con las exigencias de tipo A de acuerdo con la norma EN 55011:

- En lo posible emplear cables de medición cortos y blindados, por ej. el cable de alta frecuencia de 1 m de largo (501 02).
  - Encender el aparato de medición de la velocidad de la luz ① sólo después de haber conectado el adaptador de alimentación, al término de los preparativos del experimento que no requieran el haz luminoso.
  - No operar el aparato más tiempo del necesario para realizar el experimento.

2 Principe de mesure

2.1 Vitesse de la lumière (voir fig. 1)

2 Principio de medición

2.1 Velocidad de la luz (véase la Fig. 1)

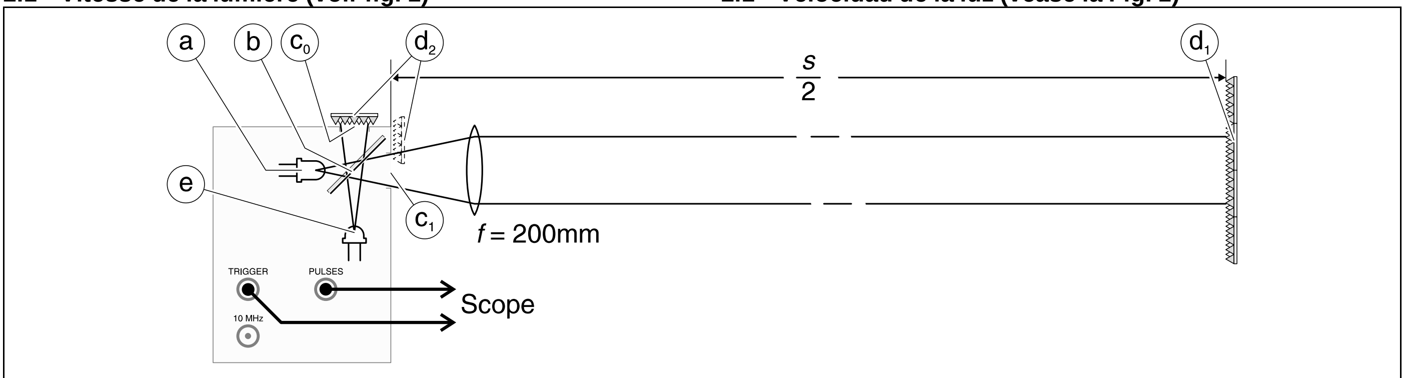


Fig. 1
Trajet des rayons avec le dispositif expérimental pour la détermination de la vitesse de la lumière

Recorrido del haz en el arreglo experimental para la medición de la velocidad de la luz

Une LED à haute performance ⓐ fonctionnant par l'intermédiaire d'un circuit oscillateur émet de brèves impulsions lumineuses rouges avec une fréquence de répétition de 40 kHz. La lumière est réfléchie par un miroir semi-réfléchissant servant de diviseur de rayons ⓑ; la moitié se rend en tant que «rayon de référence» (voir ci-dessous) vers la fenêtre du boîtier (c_0), l'autre moitié traverse la fenêtre (c_1) en tant que «rayon de mesure». Une lentille (*f* = 200 mm) donne l'image de la LED sur soi-même par le biais d'un miroir triple (d_1) situé à une distance *s*/2 et qui réfléchit le trajet des rayons exactement dans lui-même, et sur une diode réceptrice ⓔ par le biais du diviseur de rayons ⓑ. Celle-ci convertit chacune des impulsions lumineuses en une impulsion de tension, une fois la distance *s* parcourue; cette impulsion de tension est alors représentée à l'oscilloscope comme «signal de temps» U_1.
Si on déplace le miroir triple de $\Delta s/2$ de façon à ce que le chemin optique varie de Δs, le signal de temps U_1 se décale à l'oscilloscope de Δt. La vitesse de la lumière se détermine alors par le relevé de plusieurs couples de valeurs de la pente de la droite $\Delta s = f(\Delta t)$.

Pour la mesure absolue du temps *t* qui a besoin d'une impulsion lumineuse pour le parcours de la distance *s*, il faut avoir un signal de référence U_0 pour le zéro en plus du signal de temps U_1; ce signal de référence est généré à l'aide d'un petit miroir

Un LED rojo de alta potencia ⓐ de un circuito oscilador emite impulsos de luz de muy corta duración con una frecuencia de repetición de 40 kHz. La luz se refleja en un espejo semitransparente que actúa como divisor de haz ⓑ dando lugar a un "Rayo de referencia" (véase más adelante) en la dirección de la ventana (c_0); la otra mitad pasa a través de la ventana (c_1) como "Rayo de medición". Una lente (*f* = 200 mm) forma la imagen del LED sobre si misma, a través de un espejo triple (d_1) situado a una distancia *s*/2 que refleja el rayo en sí mismo, y sobre un diodo receptor ⓔ a través del divisor de haz ⓑ. Este diodo receptor convierte los impulsos de luz, después de recorrer el camino *s*, en impulsos de tensión que van a ser registrados en el osciloscopio como "señales de tiempo" U_1.
Si se desplaza la posición del espejo triple en $\Delta s/2$, de tal manera que el recorrido de los pulsos de luz varíen en Δs, entonces la señal de tiempo U_1 se desplazará en Δt en el osciloscopio. La velocidad de la luz podrá ser determinada mediante el registro de varios pares de valores a partir de la pendiente de las rectas $\Delta s = f(\Delta t)$.

Para llevar a cabo la medición absoluta del tiempo *t* requerido por un impulso de luz para recorrer el camino *s*, se necesita, además de la señal de tiempo U_1, una señal de referencia U_0 para el punto cero, la cual se genera mediante un espejo triple

triple (d_2) additionnel. Pour qu'un rayon de référence soit réfléchi sur la diode réceptrice ⓔ, il doit être soit placé sur la fenêtre (c_0) dans la lumière réfléchie vers le haut par le diviseur de rayons ⓑ, soit installé juste à la fenêtre (c_1) dans le rayon de mesure. Les deux chemins optiques sont équivalents; le positionnement du miroir dans le rayon de mesure est recommandé d'un point de vue didactique, l'affectation irrémédiable du rayon de mesure n'a pas lieu en cas d'utilisation de la lumière à la fenêtre (c_0). La lumière de référence convertie en tension par l'intermédiaire de la diode réceptrice est affichée à l'oscilloscope sous forme de signal de référence U_0. L'écart de temps entre U_1 et U_0 est le temps t mis par la lumière pour parcourir la distance s.

2.2 Temps de propagation des signaux le long de câbles coaxiaux:

Pour étudier le temps de propagation le long de câbles coaxiaux, les signaux obtenus par réflexion des impulsions lumineuses au niveau du petit miroir triple (d_2) sur la fenêtre (c_0) sont délivrés d'une part à l'oscilloscope par le biais d'un élément en T en tant que signaux de référence U_0 et d'autre part en tant que signaux de mesure U_1 dans un câble coaxial de longueur l ($l \geq$ 10 m). Les signaux U_1 parcourent le câble et sont réfléchis sans saut de phase à l'extrémité ouverte ou – en cas de conducteurs intérieur et extérieur court-circuités ou reliés par le biais d'une résistance – avec saut de phase à l'extrémité fermée. Après une distance parcourue 2 l, ils arrivent à l'oscilloscope décalés du temps de propagation t par rapport aux signaux U_0.

3 Fournitures, description, caractéristiques techniques (fig. 2)

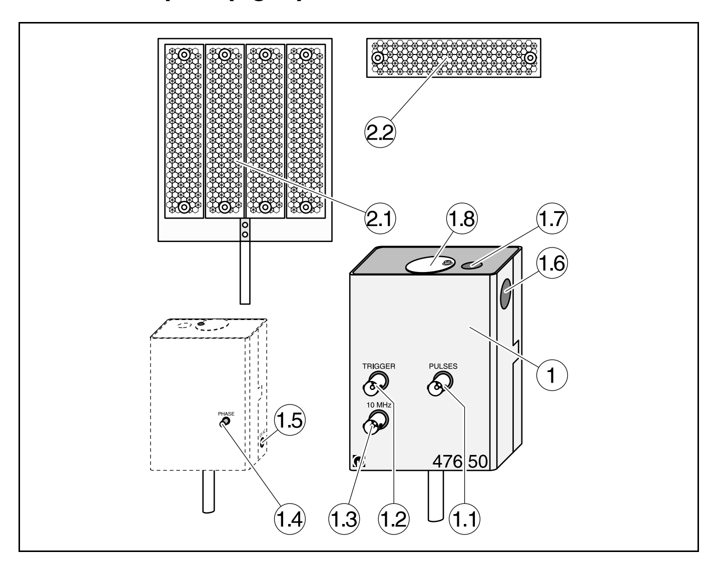


Fig. 2
Appareil de mesure de la vitesse de la lumière (476 50)
Aparato para medir la velocidad de la luz (476 50)

① Appareil de mesure de la vitesse de la lumière
Il comprend
- les éléments optiques ajustés: LED émettrice, diviseur de rayons et diode réceptrice (voir aussi paragraphe 2) ainsi que
- l'électronique pour la génération des impulsions disponibles aux sorties (1.1) à (1.3) (résistance de sortie 50 Ω) (voir fig. 3/4).

(1.1) Sortie impulsions
Elle fournit sous forme de signaux de temps les impulsions de tension obtenues par le biais de la diode réceptrice à partir des impulsions lumineuses de la LED émettrice pour la mesure du temps avec l'oscilloscope. (voir fig. 3)

Impulsions:
- Fréquence de répétition: 40 kHz
- Largeur de pic: 20 ns
- Largeur de pic à mi-hauteur: typiquement 5 ns

Longueur d'onde de la lumière: 615 nm

pequeño (d_2). Para la reflexión del rayo de referencia colocar el espejo (d_2), o bien, sobre la ventana (c_0) interceptando la luz reflejada hacia arriba por el divisor de haz ⓑ, o bien, directamente en la ventana (c_1), en el camino del rayo de medición. Ambos recorridos son equivalentes; por razones didácticas se recomienda posicionar el espejo en el camino del rayo de medición; pero si se emplea el recorrido con la ventana (c_0), el rayo de medición no será influenciado en este caso. La luz de referencia se convierte en tensión por medio del diodo receptor y se visualiza en el osciloscopio como señal de referencia U_0. La diferencia de tiempo entre U_1 y U_0 es el tiempo t que la luz requiere para recorrer el camino s.

2.2 Tiempo de recorrido de señales en cables coaxiales:

Para el análisis de los tiempos de recorrido en cables coaxiales, las señales obtenidas por reflexión de los impulsos de luz en el espejo triple pequeño (d_2) sobre la ventana (c_0), deben alimentar el osciloscopio, por un lado, como señal de referencia U_0 a través de una unión T y por otro lado, como señal de medición U_1 en un cable coaxial de longitud l ($l \geq 10$ m). Las señales U_1 recorren el cable y se reflejan en el terminal abierto sin variación brusca o en un terminal cerrado con variación brusca, en caso de estar conectados en cortocircuito el conductor interior con el exterior a través de una resistencia. Después de un recorrido 2 l las señales arriban al osciloscopio en un tiempo de recorrido t desplazadas respecto a las señales U_0.

3 Volumen de suministro, descripción y datos técnicos (Fig. 2)

① Aparato para medir la velocidad de luz
Contiene:
- los elementos ópticos calibrados: emisor LED, divisor de haz y diodo receptor (véase la sección 2), así como
- la electrónica para la generación de los impulsos, a disposición en las salidas (1.1) a (1.3) (resistencia de salida 50 Ω), véase la Fig. 3/4.

(1.1) Salida de pulsos
Suministra los impulsos de tensión, obtenidos del diodo receptor a partir de los impulsos de luz emitidos por el LED emisor, como señales de tiempo para la medición del tiempo mediante el osciloscopio (véase la Fig. 3)
.
Impulsos:
- Frecuencia de repetición: 40 kHz
- Ancho de pico: 20 ns
- Anchura mitad de pico: típica 5 ns

Longitud de onda de la luz: 615 nm

(1.2) Sortie trigger
Les impulsions servent au déclenchement externe de l'oscilloscope. Le flanc positif de la tension rectangulaire de déclenchement (signal TTL) a une avance d'environ 60 ns par rapport à l'émission des impulsions lumineuses (voir fig. 3). Cela permet ainsi une parfaite représentation des signaux de mesure sur des oscilloscopes couramment utilisés dans les écoles sans ligne de retard intégrée, même en cas de chemins optiques très courts (par ex. miroir triple directement devant les fenêtres (1.6) ou (1.7)),

(1.3) Sortie 10 MHz
Les signaux de tension alternative stabilisés par cristal avec une période de 100 ns peuvent être utilisés comme base de temps calibrée sur le 2ème canal de l'oscilloscope. Les flancs servent de grille de mesure,
- si la mesure du temps dans les plages calibrées de l'oscilloscope ne peut pas être réalisée avec une utilisation optimale de l'écran ou
- s'il doit être réalisé un contrôle et éventuellement une correction de la base de temps de l'oscilloscope.

La forme des signaux dépend de la bande passante de l'oscilloscope utilisé. Elle correspond à peu près à celle de la fig. 4 pour un oscilloscope 30 MHz; pour un oscilloscope 100 Hz, les flancs sont en pente plus raide et les signaux ressemblent à des rectangles.

(1.2) Salida del trigger
Los impulsos sirven para el disparo externo del osciloscopio. El flanco positivo de la tensión rectangular (señal TTL) tiene un adelanto de unos 60 ns (ver Fig. 3) respecto a la emisión de los impulsos de luz. De allí que se pueda representar completamente la señal de medición sin intergrar una línea de retardo; incluso para caminos muy cortos es apropiado para los osciloscopios utilizados en la escuela (por ej. con el espejo triple situado directamente frente a las ventanas (1.6) ó (1.7)).

(1.3) Salida de 10 MHz
Las señales de tensión alterna estabilizadas mediante cuarzo, con periodos de 100 ns, pueden ser usadas como base de tiempo, calibrada, en el 2do. canal del osciloscopio. Los flancos sirven de patrón de medición,
- si la medición de tiempo en los rangos calibrados del osciloscopio no puede ser hecha adecuadamente en la pantalla, o
- si se debe realizar un control y, en caso necesario, una corrección de la base de tiempo del osciloscopio.

La forma de la señal depende del ancho de banda del osciloscopio empleado. En la Fig. 4 se muestra la forma aproximada para un osciloscopio de 30 MHz; para un aparato de 100 Hz los flancos son más empinados, las señales se asemejan a un rectángulo.

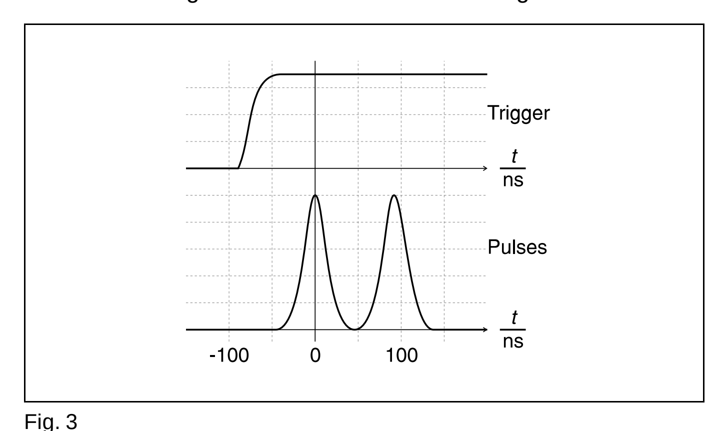


Fig. 3
Position de phase des signaux à la sortie impulsions et à la sortie trigger (compatibilité électromagnétique)
Posición de fase de las señales en la salida de pulsos y trigger (compatibilidad esquemática)

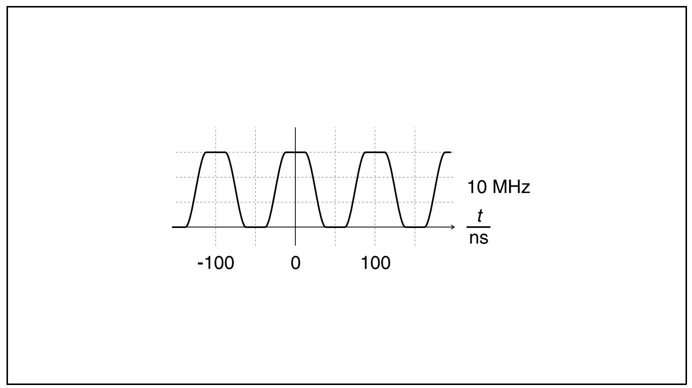


Fig. 4
Compatibilité électromagnétique: Signaux de la sortie 10 MHz en cas d'utilisation d'un oscilloscope 30 MHz
Compatibilidad esquemática: Señales de la salida de 10 MHz para utilizar un osciloscopio de 30 MHz

(1.4) Régulateur de phase
Il permet un déphasage du signal 10 MHz sur une 1 période pour l'adaptation à la position de phase du signal de mesure (optimisation des conditions d'exploitation, voir paragraphe 4.3.3).

(1.5) Douille de commutation pour le branchement de l'adaptateur secteur enfichable avec fiche creuse 12 V, 20 W (562 791 pour 230 V~ et 562 792 pour 115 V~)

(1.6) Fenêtre pour le rayon de mesure

(1.7) Fenêtre pour le rayon de référence

(1.8) Couvercle pour fenêtre (1.7)

Dimensions du boîtier: 115 mm x 65 mm x 155 mm

Tige: 30 mm de long; 10 mm Ø

Poids: 1,4 kg

② Paire de miroirs triples

Ils réfléchissent la lumière parfaitement sur eux-mêmes dans une plage angulaire d'environ 12° et garantissent ainsi un ajustage très simple du dispositif.

(2.1) grand miroir triple dans support; sur tige (9 mm x 10 mm Ø)
Surface du miroir; 160 mm x 180 mm (4 éléments)

(2.1) petit miroir triple
Surface du miroir; 20 mm x 35 mm (1 élément)

(1.4) Regulador de fase
Este permite el desplazamiento de fase de la señal de 10 MHz, a través de un periodo, para la adaptación a la posición de fase de la señal de medición (optimización de las condiciones de evaluación, véase la sección 4.3.3).

(1.5) Hembrilla para conectar el adaptador de alimentación con el enchufe de 12 V, 20 W (562 791 para 230 V~ ó 562 792 para 115 V~)

(1.6) Ventana para el rayo de medición

(1.7) Ventana para el rayo de referencia

(1.8) Tapa para la ventana (1.7)

Dimensiones de la carcasa: 115 mm x 65 mm x 155 mm

Varilla de soporte: 30 mm de largo; 10 mm Ø

Peso: 1,4 kg

② Par de espejos triples

Estos espejos reflejan la luz exactamente en si mismos en un rango angular de unos 12°, simplificando así el ajuste.

(2.1) Espejo triple grande en soporte; sobre varilla de soporte (9 mm x 10 mm Ø)
Area del espejo; 160 mm x 180 mm (4 elementos)

(2.1) Espejo triple pequeño
Area del espejo; 20 mm x 35 mm (1 elemento)

4 Utilisation

4.1 Montage

Matériel supplémentaire nécessaire:

1 adaptateur secteur enfichable avec fiche creuse, 12 V, 20 W (562 791 pour 230 V~ et 562 792 pour 115 V~)
1 oscilloscope, bande passante ≥ 20 MHz, par ex. oscilloscope à deux canaux 303 (575 211)
2 (3) câbles HF, 1 m (501 02)

en outre
pour des expériences sur la détermination de la vitesse de la lumière:

1 lentille, *f* = 200 mm, Ø 120 mm (460 10)
1 banc d'optique à profil normalisé, 0,5 m (de 460 34)
2 cavaliers pour banc d'optique, 60 mm de haut (460 351)
1 mètre, par ex.
règle en bois, 1 m (311 03) ou
mètre à ruban métallique, 2 m (311 77)
1 grand pied en V (300 01)
1 tige, 100 cm (300 44)
1 noix Leybold (301 01)

ou pour les mesures de la propagation le long de câbles coaxiaux (voir fig. 4.2)

1 câble coaxial avec fiches BNC, 50 Ω. 10 m de long
1 élément en T, BNC (501 091)
1 petit pied en V (300 02)

En supplément, pour la réflexion à l'extrémité fermée:
1 élément droit, BNC (501 10)
1 adaptateur BNC/4 mm, bipolaire (575 35)
1 cavalier (de 501 48)
1 résistance variable STE, 1 kΩ (577 86)

4 Operación

4.1 Montaje

Adicionalmente se requiere:

1 Adaptador de alimentación con enchufe hueco, 12 V, 20 W (562 791 para 230 V~ ó 562 792 para 115 V~)
1 Osciloscopio, ancho de banda ≥ 20 MHz, por ej. Osciloscopio de dos canales 303 (575 211)
2 (3) Cable HF, 1 m (501 02)

además
para la determinación de la velocidad de la luz:

1 Lente, *f* = 200 mm, Ø 120 mm (460 10)
1 Banco óptico con perfil normal; 0,5 m (de 460 34)
2 Jinetillos ópticos, 60 mm de altura (460 351)
1 Metro, por ej.
Regla de madera, 1 m (311 03) ó
Cinta métrica de acero, 2 m (311 77)
1 Base de soporte grande (300 01)
1 Varilla de soporte, 100 cm (300 44)
1 Mordaza múltiple Leybold (301 01)

o para las mediciones del tiempo de recorrido en cables coaxiales (véase la Fig. 4.2)

1 Cable coaxial con conectores BNC, 50 Ω, 10 m de largo
1 Unión T, BNC (501 091)
1 Base de soporte pequeña (300 02)

Además para la reflexión en un terminal cerrado:
1 Unión recta, BNC (501 10)
1 Adaptador BNC/4 mm, bipolar (575 35)
1 Conector puente (de 501 48)
1 Resistencia variable STE, 1 kΩ (577 86)

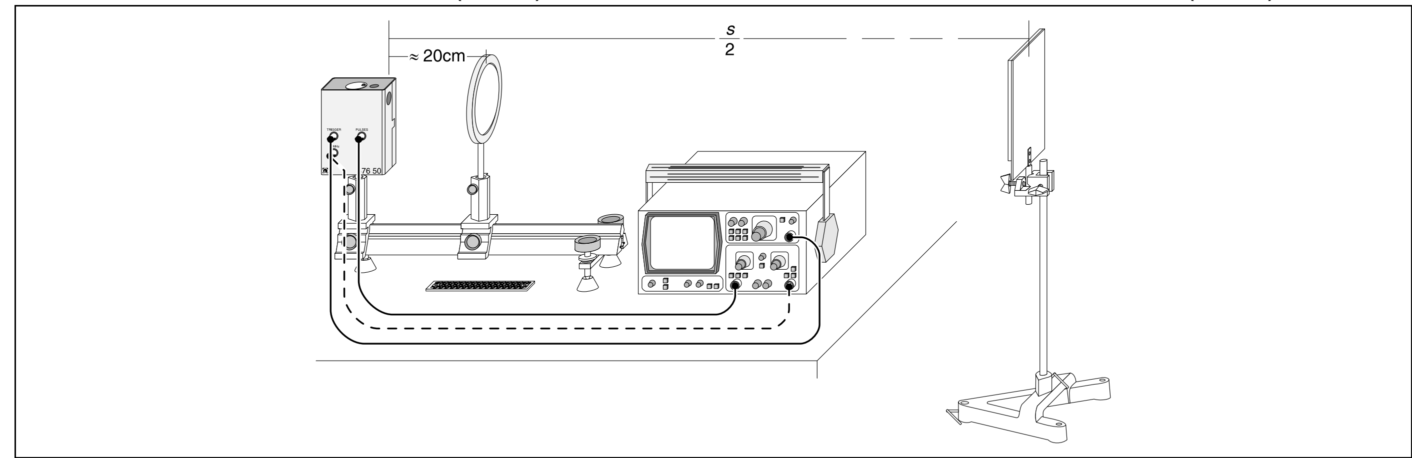


Fig. 5.1
Dispositifs expérimentaux

- pour la détermination de la vitesse de la lumière (fig. 5.1); La liaison entre la sortie 10 MHz et le 2ème canal de l'oscilloscope n'est nécessaire que pour une mesure conformément au paragraphe 4.3.3.
- pour des études de la propagation le long de câbles coaxiaux (fig. 5.2); pour la réflexion à l'extrémité fermée, court-circuiter les conducteurs intérieur et extérieur par l'intermédiaire d'un cavalier (de 501 48) ainsi que répresénté sur le schéma ou bien les relier par le biais d'une résistance variable 1 kΩ (577 86).

Montajes experimentales

- para determinar la velocidad de la luz (Fig. 5.1); la conexión entre la salida de 10 MHz y el 2do. canal del osciloscopio es necesaria sólo para la medición según la sección 4.3.3;
- para el estudio del tiempo de recorrido en cables coaxiales (Fig. 5.2); para la reflexión en un terminal cerrado cortocircuitar la línea interna con la externa, según el bosquejo, mediante un conector puente (de 501 48) o a través de una resistencia variable de 1 kΩ (577 86).

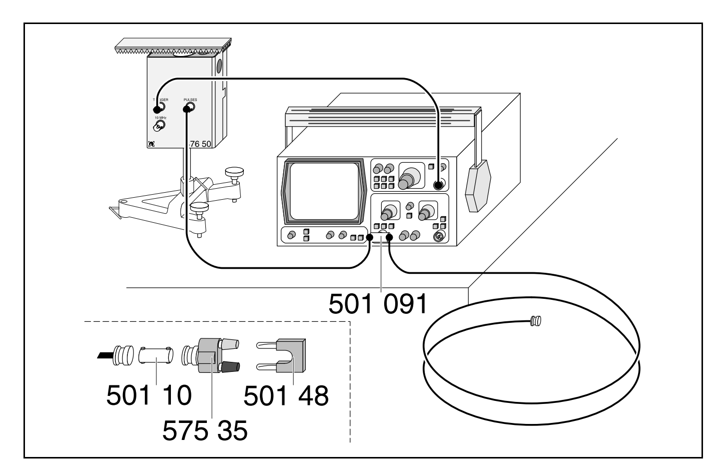


Fig. 5.2

Remarques sur le matériel recommandé

- Oscilloscope

  Les informations spécifiques à l'utilisation se rapportent à l'oscilloscope à deux canaux 303 (575 211) dont il est question dans le présent mode d'emploi. En cas d'utilisation d'un oscilloscope dont les spécifications techniques sont différentes, il faudra adapter les réglages et les instructions de mesure en conséquence.
  La forme des signaux 10 MHz dépend de la bande passante de l'oscilloscope (voir paragraphe 3).

- Câble de raccordement

  Le 3ème câble HF est nécessaire si les signaux de la sortie 10 MHz doivent servir de base de temps sur le 2ème canal de l'oscilloscope (voir paragraphe 4.3.3).
  Il est indispensable d'avoir des câbles coaxiaux 50 Ω pour une représentation des signaux sans distorsion (n'utiliser que les câbles indiqués ou bien des câbles aux propriétés similaires).
  Réaliser le dispositif conformément à la fig. 4.1 ou 4.2.

Réglage de base de l'oscilloscope à deux canaux (575 211)

Mode de fonctionnement:
- Fonctionnement monocanal

ou bien pour une utilisation de la sortie 10 MHz comme base de temps (voir paragraphe 4.3.3)

- Fonctionnement bicanal, en alternance

Canal I: CC, 5 mV/cm à 100 mV/cm, ligne zéro sur le bord inférieur du graticule

Canal II (seulement en fonctionnement bicanal pour des procédés de mesure ainsi que spécifié au paragraphe 4.3.3): CC, 0,1 V/cm, ligne zéro au milieu du graticule

Déclenchement: externe, HF, + (flanc ascendant),

Niveau de déclenchement: automatique

Balayage: 0,2 s/cm, cal, déviation X x 1

Intensité maximale

4.2 Ajustage pour des mesures de la vitesse de la lumière (fig. 5.1)

Ajustage grossier

- Réaliser le dispositif de façon à ce que la fenêtre (1.6) soit à environ 20 cm devant la lentille (le centre de la fenêtre est à la même hauteur que celui de la lentille).
- Placer le grand miroir triple à la distance *s*/2 prévue pour l'expérience
- *s*/2 pour les procédés de mesure

	4.3.1:	environ 10 m à 20 m
	4.3.2:	environ 5 m
	4.3.3 :	environ 15 m

- Installer le miroir de telle sorte que son centre soit à la hauteur de l'axe optique et que sa surface soit perpendiculaire à celui-ci.

Ajustage précis: recherche du signal

- Mettre en route l'unité d'exploitation (en branchant l'adaptateur secteur enfichable) et l'oscilloscope.
- Pour la vérification du trajet des rayons: jeter un coup d'oeil tout près du boîtier et de la lentille sur le miroir triple; si celui-ci n'est pas éclairé d'une lumière rouge ou bien seulement au bord, incliner légèrement le banc d'optique sur le côté et / ou modifier son inclinaison par les vis de réglage pour ajuster l'orientation des rayons de façon à ce que le miroir soit éclairé en son centre.
- Régler le signal alors affiché à l'oscilloscope sur l'amplitude la plus grande possible en modifiant légèrement l'ajustage optique, notamment en déplaçant la lentille avec précaution.
- Brancher maintenant la déviation de l'axe X sur x 10 et placer

Nota acerca de los equipos que se recomiendan

- Osciloscopio

  Las informaciones operativas están referidas al osciloscopio de dos canales 303 (575 211) mencionado en estas instrucciones de servicio. Si emplea un osciloscopio con otras especificaciones técnicas, entonces será necesario efectuar los ajustes respectivos y adaptar las indicaciones para la medición.
  La forma de las señales de 10 MHz depende del ancho de banda del osciloscopio (véase la sección 3).

- Cable de conexión

  Cuando se alimentan las señales de la salida de 10 MHz al 2do. canal del osciloscopio como base de tiempo (véase la sección 4.3.3), se requiere el tercer cable HF.
  Para lograr que las señales representadas no sean distorsionadas se recomienda usar el cable coaxial de 50 Ω (emplear los cables indicados o aquellos que posean las mismas características).
  Montar el experimento según la Fig. 4.1 ó Fig. 4.2.

Ajuste básico del osciloscopio de dos canales (575 211)

Modo de servicio:
- Monocanal

o si se utiliza la salida de 10 MHz como base de tiempo (véase la sección 4.3.3)

- Dos canales, alternadamente

Canal I: DC, 5 mV/cm a 100 mV/cm, línea cero sobre el borde inferior del reticulado

Canal II (sólo en el modo dual) para procedimientos de medición según la sección 4.3.3: DC, 0,1 V/cm, línea cero en la mitad de la pantalla

Disparo (trigger): externo, HF, + (flanco ascendente),

Nivel del disparo: automático

Deflexión del tiempo: 0,2 s/cm, cal, deflexión X x 1

Intensidad máxima

4.2 Ajuste para las mediciones de la velocidad de la luz (Fig. 5.1)

Ajuste aproximado

- Montar el experimento de tal manera que la ventana (1.6) se encuentre a unos 20 cm de distancia de la lente (colocar el punto medio de la ventana y la lente a la misma altura).
- Colocar el espejo triple grande a la distancia prevista para el experimento *s*/2
- *s*/2 para las mediciones

	4.3.1:	unos 10 m a 20 m
	4.3.2:	unos 5 m
	4.3.3:	unos 15 m

- Montar el espejo tal que su punto medio se encuentre a la altura del eje óptico y su superficie esté en posición vertical al mismo.

Ajuste fino; búsqueda de la señal

- Encender el aparato (hacerlo conectando el adaptador de alimentación) y el osciloscopio.
- Para verificar el recorrido del rayo: observar directamente el espejo triple muy pegado a la carcasa por sobre la lente; si éste no ilumina o si se ve rojo sólo en el borde, ajustar la dirección del rayo con un ligero desplazamiento lateral del banco óptico y/o variando su inclinación mediante los tornillos de ajuste, hasta que el espejo se vea iluminado en el centro.
- Ajustar la señal que se representa en el osciloscopio variando ligeramente el ajuste óptico, en especial desplazando con mucho tacto la lente, hasta obtener la mayor amplitud posible.
- En seguida, conmutar la deflexión del eje X en la posición x

le signal de mesure sur la position voulue avec le bouton de réglage de la position X (voir paragraphe 4.3).

4.3 Procédés de mesure pour la vitesse de la lumière

4.3.1 Mesure du temps de propagation t pour une distance parcourue s prédéfinie; (mesure absolue avec signal de référence; voir fig. 6))

A l'aide du bouton de réglage de la position X, positionner le signal de mesure U_1 généré conformément au paragraphe 4.2 dans la zone droite de l'écran.

Pour la génération du signal de référence U_0, placer le petit miroir triple sur la fenêtre (1.7) et modifier la surface réfléchissante efficace par déplacement sur l'ouverture de façon à ce que U_0 ait exactement la même amplitude que U_1;

à l'aide du bouton de réglage de la position X, déplacer le flanc ascendant du signal de référence U_0 de façon à ce qu'il coupe la ligne médiane à son point d'intersection avec une ligne du graticule;

Relever le temps de propagation t au point d'intersection du signal de mesure U_1 avec la ligne médiane.

Remarque:

L'écart de temps entre l'impulsion de référence et l'impulsion de mesure ne coïncide avec l'écartement des deux flancs ascendants sur l'écran de l'oscilloscope que si les deux signaux ont la même amplitude et que l'écartement est nettement plus grand que la largeur des impulsions.

4.3.2 Mesure du changement du temps de propagation Δt en fonction du changement de la distance parcourue s (mesure relative; voir fig. 7)

A l'aide du bouton de réglage de la position X, déplacer le signal de mesure U_1 généré conformément au paragraphe 4.2 de façon à ce que le maximum soit sur une ligne verticale du graticule dans la zone gauche de l'écran (voir fig. 7.1).

Après avoir marqué sa position, déplacer le miroir triple de $\Delta s/2$ pour que le chemin optique soit agrandi de Δs. Déterminer l'augmentation correspondante du temps de propagation Δt à partir du décalage temporel du signal de temps (mesure au maximum, voir fig. 7.2)

Il est judicieux de relever plusieurs couples de valeurs Δs_i-Δt_i et de déterminer la vitesse de la lumière à partir de la pente des droites $\Delta t_i = f(\Delta s)$.

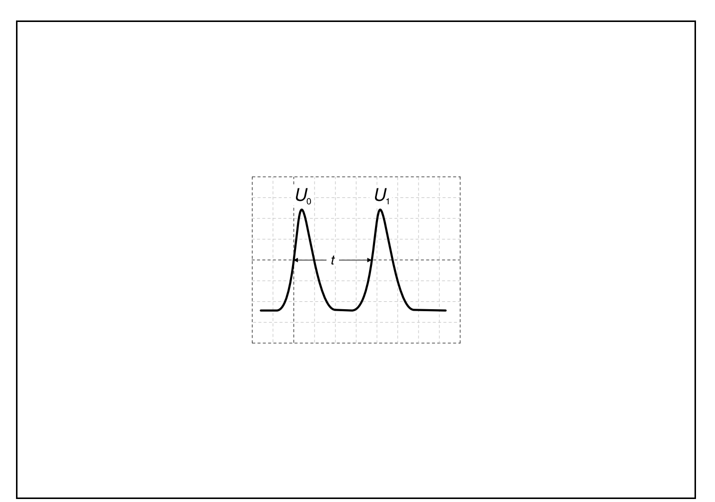


Fig. 6

Mesure absolue du temps de propagation t de la lumière pour une distance s à partir de l'intervalle temporel entre le signal de mesure U_1 et le signal de référence U_0

Medición absoluta del tiempo de recorrido t de la luz para un camino recorrido s a partir del intervalo de tiempo entre la señal de medición U_1 y la señal de referencia U_0

10 y con el regulador de la posición X llevar la señal a la posición deseada (véase la sección 4.3).

4.3 Procedimiento de medición de la velocidad de la luz

4.3.1 Medición del tiempo de recorrido t para un determinado camino recorrido s (medición absoluta con señal de referencia; véase la Fig. 6)

Con el regulador de posición X, posicionar la señal de medición U_1 en la parte derecha de la pantalla de acuerdo con la sección 4.2.

Para generar la señal de referencia U_0 colocar el espejo triple pequeño sobre la ventana (1.7) y variar la superficie reflejada efectiva desplazándolo en la abertura, tal que U_0 tenga exactamente la misma amplitud que U_1;

con el regulador de posición X desplazar el flanco ascendente de la señal de referencia U_0 tal que la línea media intercepte una línea del reticulado en el punto de cruce;

leer el tiempo de recorrido t en el punto de intersección de la señal de medición U_1 con la línea media.

Nota:

El intervalo de tiempo entre el impulso de referencia y el impulso de medición concuerdan con la distancia entre ambos flancos ascendentes en la pantalla del osciloscopio, si ambas señales tienen la misma amplitud y la distancia es bastante mayor que el ancho de los pulsos.

4.3.2 Medición de la variación del tiempo de recorrido Δt en función de la variación s del camino recorrido (medición relativa; ver Fig. 7)

Desplazar la señal de medición U_1, según la sección 4.2, con el regulador de posición X, de tal forma que el máximo se encuentre sobre una línea vertical del reticulado en la parte izquierda de la pantalla (ver Fig. 7.1).

Desplazar el espejo triple en $\Delta s/2$ luego de marcar su posición, tal que el camino de la luz aumente en Δs. Determinar el aumento respectivo del tiempo recorrido Δt a partir del desplazamiento de la señal de tiempo (medición en el máximo, ver Fig. 7.2)

Registre varios pares de valores Δs_i y Δt_i según sea necesario y determinar la velocidad de la luz a partir de la pendiente de las rectas $\Delta t_i = f(\Delta s)$.

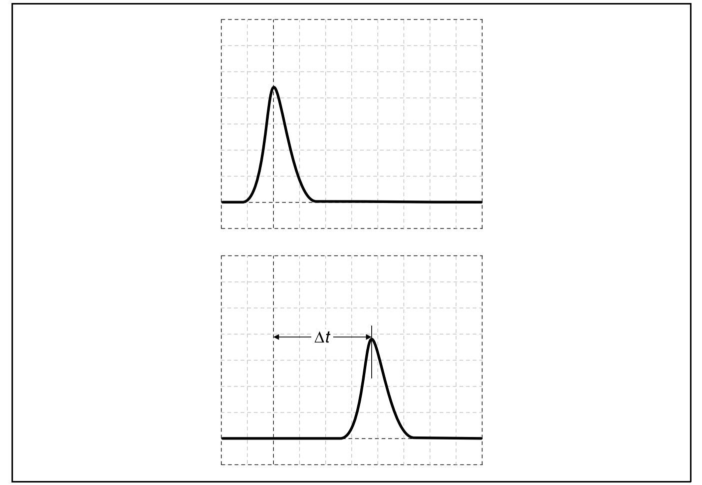


Fig. 7.1/7.2

Mesure relative du changement du temps de propagation Δt de la lumière pour un changement de la distance parcourue de Δs à partir du changement de position du signal de mesure U_1

Fig. 7.1 Position de U_1 au début de l'expérience

Fig. 7.2 Position de U_1 après le changement de la distance parcourue de Δs

Medición relativa de la variación del tiempo de recorrido Δt de la luz al variar el camino recorrido en Δs a partir de la variación de la posición de la señal de medición U_1

Fig. 7.1 Posición de U_1 al inicio del experimento

Fig. 7.2 Posición de U_1 después de variar el camino recorrido en Δs

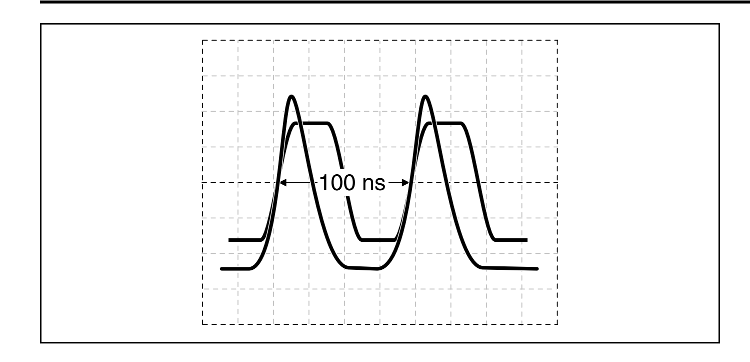


Fig. 8

Détermination absolue de la vitesse de la lumière par spécification d'un temps de base t externe de 100 ns (période du signal 10 MHz issue de l'appareil de mesure de la vitesse de la lumière).

Determinación absoluta de la velocidad de la luz prefijando una base de tiempo *t* externa de 100 ns (periodo de la señal de 10 MHz del aparato de medición de la velocidad de la luz).

4.3.3 Spécification du temps de propagation t par le signal 10 MHz; recherche de la distance parcourue s correspondante

Afficher le signal de mesure U_1 et le signal de référence U_0 conformément au paragraphe 4.3.1 et régler exactement la même hauteur pour les deux.
Réaliser en supplément la connexion entre la sortie 10 MHz et le 2ème canal ainsi que spécifié au paragraphe 4.1.
A l'aide du bouton de réglage de la phase (1.4), déplacer le signal 10 MHz de façon à ce que le flanc ascendant de la 1ère impulsion conformément à la fig. 8 soit au-dessus du flanc ascendant du signal de référence U_0.
Ensuite, choisir la distance *s*/2 en déplaçant le grand miroir triple de telle sorte que le flanc ascendant du signal de mesure U_1 soit comme à la fig. 8 exactement sur le 2ème flanc ascendant du signal 10 MHz.

4.3.3 Fijación del tiempo recorrido t mediante la señal de 10 MHz; búsqueda del camino recorrido respectivo s

Representar en el osciloscopio la señal de medición U_1 y la señal de referencia U_0 de acuerdo con la sección 4.3.1 y obtener las mismas amplitudes.
Efectuar la conexión entre la salida de 10 MHz y el 2do. canal según la sección 4.1.
Con el regulador de fase (1.4) desplazar la señal de 10 MHz, de tal manera que el flanco ascendente del primer impulso se encuentre sobre el flanco ascendente de la señal de referencia U_0 de acuerdo con la Fig. 8.
Luego, desplazando el espejo triple grande elegir una distancia *s*/2, tal que el flanco ascendente de la señal de medición U_1 se encuentre exactamente sobre el 2do. flanco ascendente de la señal de 10 MHz como se muestra en la Fig. 8.

4.4 Mesure du temps de propagation pour des signaux le long de câbles coaxiaux (voir fig. 5.2)

Réaliser le dispositif conformément à la fig. 5.2; délivrer directement à l'oscilloscope les signaux générés avec le petit miroir triple par l'intermédiaire de l'élément en T (501 091) comme signal de référence U0 et au câble comme impulsion de mesure qui parcourt deux fois le câble de longueur *l* avec une réflexion à l'extrémité ouverte et à l'extrémité fermée pour ensuite être affichée comme impulsion de mesure U_1 sur l'oscilloscope après le temps de propagation *t*.
Déterminer le temps *t* ainsi que décrit au paragraphe 4.3.1.

4.4 Medición del tiempo recorrido para señales en cables coaxiales (ver Fig. 5.2)

Montar el experimento tal como se ilustra en la Fig. 5.2; conectar las señales generadas con el espejo triple pequeño, a través de la unión T (501 091), directamente al osciloscopio como señal de referencia U_0 y al cable como impulso de medición. Este debe recorrer dos veces el cable de longitud *l*, reflejándose en el terminal abierto o cerrado, y luego del tiempo recorrido *t* deberá aparecer en el osciloscopio como impulso de medición U_1.
Determinar el tiempo *t* según lo descrito en la sección 4.3.1.

LEYBOLD DIDACTIC GMBH · Leyboldstrasse 1 · D-50354 Hürth · Phone (02233) 604-0 · Telefax (02233) 604-222 · Telex 17 223 332 LHPCGN D